

Pengaruh *Peak Particle Velocity* (**PPV**) dari hasil kegiatan peledakan terhadap kekuatan lereng penambangan (**FK**) pada penambangan Batubara
Oleh :

1) **Sundoyo**

ABSTRAK

Penelitian ini adalah bertujuan untuk mengetahui batas maksimum dalam peak particle velocity setiap peledakan yang dapat berpengaruh terhadap lereng penambangan Batubara. Pengukuran getaran peledakan dilapangan yg digunakan adalah alat *Blasmate III* . Sebelum pengukuran, dilakukan pengaturan terlebih dahulu pada alat sangat penting sehingga data yang dihasilkan akan lebih baik dan presisi. Dengan data percepatan *acceleration* (*a*) hasil dari kegiatan peledakan yang berperan dan berpengaruh terhadap kestabilan lereng penambangan adalah percepatan gelombang *Longitudinal*. Menurut *California Departemen Of Mine And Geology* (CDMG, 1997) nilai percepatan yang digunakan untuk dimasukkan kedalam aplikasi pemodelan geoteknik yang ada. Baik itu *slide* maupun *slope-w* besarnya adalah $a = 50\%$ PPA Longitudinal. Dari waktu penelitian antara bulan Juni 2014 sampai dengan bulan Juli 2014 maka didapatkan data sebanyak 44 kali peledakan sehingga diolah didapatkan nilai hubungan 0.789 berdasarkan regresi linier antara Faktor Keamanan Lereng (**FK**) dan Peak Partikle Velocity (**PPV**). Hasil perhitungan untuk lokasi Pit C0 diperoleh PPV maksimum adalah 13.52 mm/s yang aman terhadap Faktor Keamanan minimumnya 1,47.

Kata Kunci : Peak Particle Velocity, Faktor Keamanan, penambangan, blasmate III

1. Pendahuluan.

Kegiatan peledakan umumnya adalah untuk memecahkan batuan. Peledakan ini membutuhkan sejumlah energi yang cukup sehingga melebihi atau melampaui kekuatan batuan atau melampaui batas elastis batuan apabila hal tersebut terjadi maka batuan akan pecah. Kegiatan peledakan dipilih dengan beberapa pertimbangan yakni lebih cepat dalam segi waktu pembongkaran dan lebih efisien dalam hal perawatan alat mekanis bila dibanding dengan menggunakan metode *ripping-dozing*. Kegiatan peledakan akan selalu menghasilkan getaran atau gelombang seismik. Getaran tanah pada tingkat tertentu akan merusak massa batuan sekitar peledakan. Karena itu getaran sebagai efek dari peledakan tidak bisa diabaikan, karena dapat mengganggu

produktivitas, keselamatan kerja, keselamatan penambangan serta berpengaruh terhadap kawasan pemukiman sekitar penambangan.

Pada prinsipnya rencana peledakan yang kurang tepat akan menghasilkan getaran tanah dan getaran suara yang melebihi ambang batas aman. Oleh sebab itu, getaran tanah hasil peledakan dapat dikontrol dengan rancangan peledakan yang baik. Berdasarkan rancangan peledakan yang diterapkan akan dapat diperkirakan besarnya getaran tanah dan akibatnya.

Penelitian getaran tanah hasil peledakan dilakukan untuk mendapatkan kapasitas pengaruhnya terhadap bangunan dilokasi pemukiman yang berhubungan dengan geometri peledakan, pola rangkaian peledakan serta faktor geologi untuk mencapai getaran yang aman pada lokasi pemukiman.

II. Metode Penelitian.

2.1 Tempat dan waktu.

Penelitian ini dilakukan di PT. Cipta Kridatama Site PT. Mahakam Sumber Jaya yang terletak di Kabupaten Kutai Kartanegara, Propinsi Kalimantan Timur, dengan konsentrasi pada blok produksi penambangan site C0. Waktu penelitian pada bulan juni 2014 sampai dengan bulan juli 2014.

2.2 Work Energy

Pada peledakan suatu media padat akan timbul tekanan detonasi (*detonation pressure*) dan tekanan peledakan (*explosion pressure*) yang merupakan efek dari *shock energy* dan *gas energy* hasil dari perubahan kimia bahan peledak. Untuk bahan peledak dari jenis *high explosive*, pertama kali akan terjadi tekanan detonasi yang kemudian diikuti tekanan peledakan, sedangkan untuk bahan peledak *low explosive* hanya terjadi tekanan peledakan. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan kecepatan penjaralan reaksi kimia dalam kolom bahan peledak.

Bahan peledak *high explosive* mempunyai kecepatan penjaralan reaksi yang lebih besar dari kecepatan penjaralan suara dalam bahan peledak, yang dikenal sebagai kecepatan detonasi. Kecepatan detonasi ini menyebabkan timbulnya gelombang kejut (*shock wave*) atau gelombang detonasi (*detonation wave*) yang terletak di depan daerah reaksi utama (*primary reaction zone*) dalam kolom bahan peledak. Gelombang kejut ini yang menyebabkan timbulnya tekanan detonasi. Tekanan detonasi ini dinyatakan sebagai fungsi dari bobot isi bahan peledak kali kuadrat dari kecepatan detonasi bahan peledak (*Calvin J. Konya*).

$$P_d = 2.5 \times \rho \times VOD^2$$

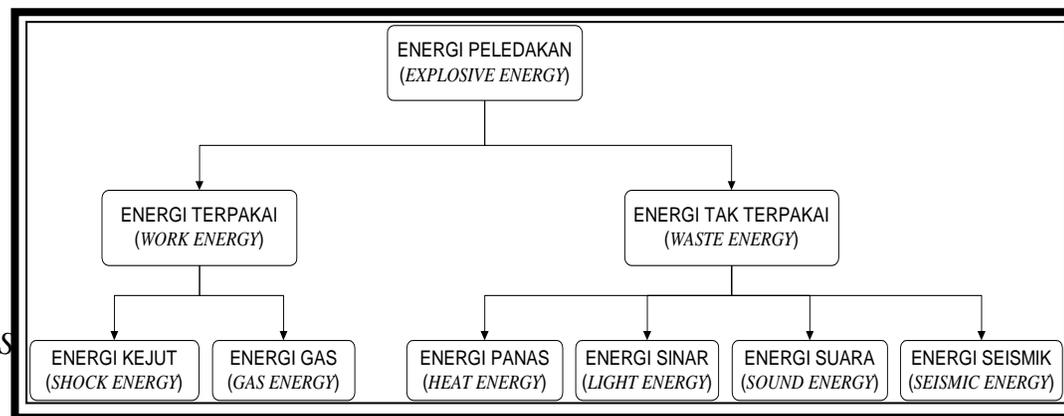
Dimana : P_d = Tekanan detonasi (MPa)

ρ = Bobot isi bahan peledak (Kg/m^3)

VOD = Kecepatan detonasi (m/detik)

2.3 Waste Energy.

Bahan peledak melepaskan energi dan menghasilkan *rock fracturing*, *plastic deformation*, dan *elastic deformation* pada batuan. Energi peledakan yang menyebabkan terjadinya *elastic deformation* dapat menghasilkan *stress waves* (*body wave*) yang merambat melalui massa batuan.



umber : Suwandi, 2009; 7

Gambar 2.1

Distribusi Energi Bahan Peledak

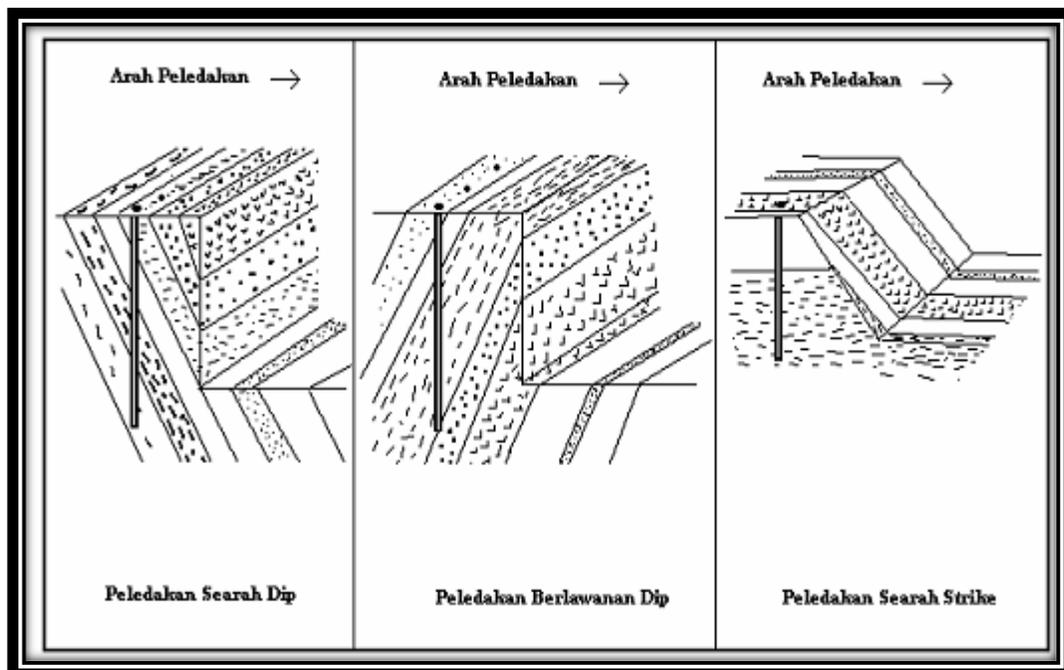
2.4 Struktur Geologi.

Sejauh menyangkut penggalian, massa batuan dibedakan menjadi dua kelompok yaitu segar dan lapuk. Untuk batuan segar, sifat diskontinuitas berperan penting, karena melalui zona diskontinuitas ini proses pelapukan akan berlangsung secara intensif. Diskontinuitas ini dapat berupa kekar, retakan, sesar, dan bidang kekar bidang perlapisan. Kekar merupakan rekahan-rekahan dalam batuan yang terjadi karena tekanan atau tarikan yang disebabkan oleh gaya-gaya yang bekerja dalam kerak bumi atau pengurangan bahkan kehilangan tekanan dimana pergeseran dianggap sama sekali tidak ada. Struktur kekar ini sangat penting diketahui dan merupakan pertimbangan utama dalam operasi peledakan, dengan adanya struktur kekar ini maka energi dari bahan peledak akan mengalami penurunan yang disebabkan adanya gas-gas hasil reaksi peledakan yang menerobos melalui rekahan,

sehingga mengakibatkan penurunan daya tekan terhadap batuan yang akan diledakkan. Penurunan daya tekan ini akan berdampak terhadap batuan yang diledakkan sehingga dapat mengakibatkan terjadinya bongkah pada batuan hasil peledakan bahkan batuan hanya mengalami keretakan.

Struktur perlapisan batuan juga mempengaruhi hasil peledakan dan kaitan antara arah peledakan dengan bidang perlapisan akan menghasilkan :

- a. Bila peledakan searah *dip* :
 - Lebih banyak *backbreak*
 - Mengurangi masalah *toe*
 - Lantai jenjang lebih rata
 - Lemparan batuan akan terlempar jauh dari *free face* dan bentuk tumpukan batuan lebih rendah.
- b. Bila peledakan berlawanan dengan *dip*:
 - *Backbreak* lebih sedikit karena bidang mengarah kedalam dinding
 - Akan lebih banyak terjadinya *toe*
 - Kondisi lantai akan lebih kasar
- c. Sedangkan bila peledakan dilakukan sepanjang *strike* maka akan menyebabkan *backbreak* yang tidak beraturan.



Gambar 2.2. Arah peledakan pada bidang perlapisan

2.5 Prinsip pengukuran getaran peledakan.

Getaran tanah adalah gerakan bumi (*ground motion*) yang terjadi akibat perambatan gelombang seismik. Kegiatan peledakan akan selalu menghasilkan getaran atau gelombang seismik. Tujuan peledakan umumnya adalah untuk memecahkan batuan. Kegiatan ini membutuhkan sejumlah energi yang cukup sehingga melebihi atau melampaui kekuatan batuan atau melampaui batas elastis batuan. Apabila hal tersebut terjadi maka batuan akan pecah. Proses pemecahan akan berjalan terus sampai energi yang dihasilkan oleh bahan peledak makin lama makin berkurang dan menjadi lebih kecil dari kekuatan batuan, sehingga proses pemecahan batuan berhenti. Energi yang tersisa akan menjalar melalui batuan, karena masih di dalam elastisnya. Hal ini akan menghasilkan gelombang seismic.

Tingkat getaran dari hasil peledakan dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu Jumlah bahan peledak/waktu tunda (*charge weight per delay*) dan jarak pengukuran (*length of delay*). Semakin banyak bahan peledak yang digunakan maka semakin tinggi nilai kecepatan partikel puncak, dan semakin jauh jarak pengukuran peledakan maka semakin rendah nilai partikel puncak. Untuk menentukan hubungan antara faktor-faktor itu dengan tingkat getaran yang dihasilkan maka digunakan konsep *scaled distance* (*US Bureau of Mines bulletin 656, 1971*), dimana *scaled distance* dapat dinyatakan sebagai $R/W^{1/2}$ (*Square Root Scalling*) dan dapat juga dinyatakan sebagai $R/W^{1/3}$ (*Cube Root Scalling*).

Secara teori, *ground vibration* dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$V_{maks} = K \left(\frac{D}{W^n} \right)^m$$

Dimana : $V =$ kecepatan partikel terprediksi (mm/s)

$W =$ Isian bahan peledak *per delay* (kg)

$D =$ Jarak peledakan ke lokasi pengukuran

K , m , dan n adalah konstanta yang tergantung pada kondisi batuan di lokasi peledakan.

Menurut rumus empiris *U. S. Bureau of Mines (USBM)* di atas harga K , m dan n ditentukan oleh masing-masing gerakan gelombang longitudinal, vertikal dari transversal maka pangkat parameter W dan m masing-masing diasumsikan 0,5 dan - 1,6.

2.6 Alat pengukur getaran tanah

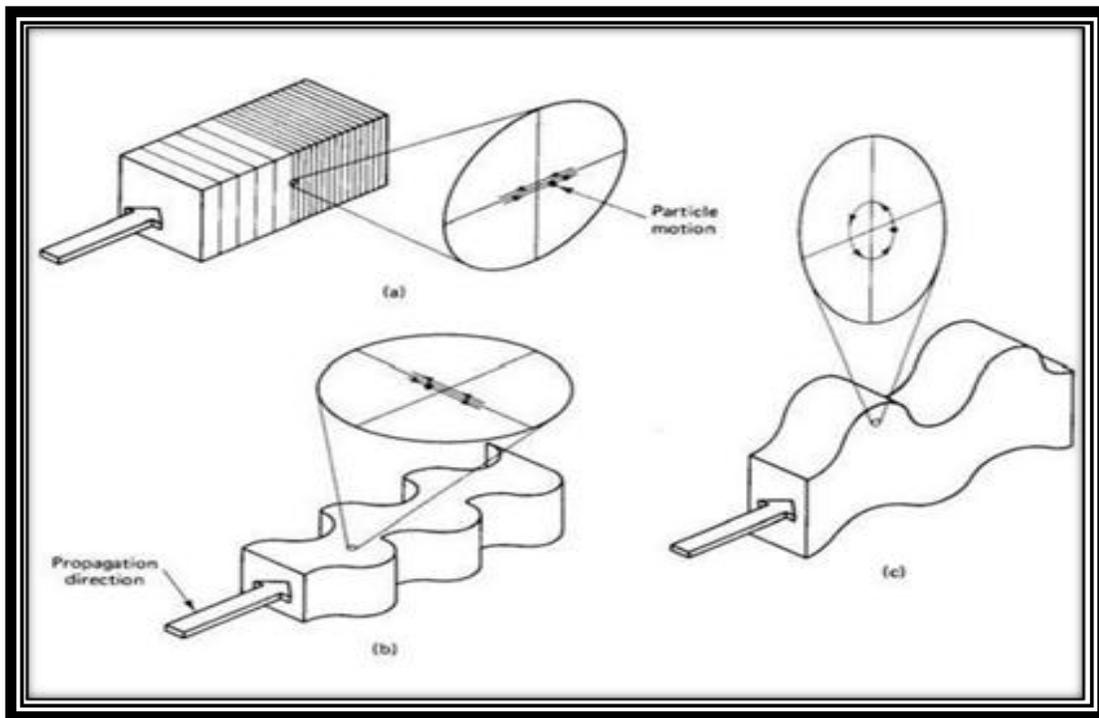
Pengukuran getaran peledakan dilapangan yg digunakan adalah *Blasmate III* (gambar 3.4). Sebelum pengukuran, dilakukan pengaturan terlebih dahulu pada *Blasmate III*. *Blasmate III* didesain untuk mengukur dan mencatat getaran tanah dengan tepat. Peralatan ini disebut dengan seismograf dan terdiri dari 2 bagian penting, yaitu *sensor* dan *recorder*. Kotak *sensor* mempunyai 3 unit *independent sensor* yang letaknya saling tegak lurus antara satu unit dengan unit lain. Dua unit terletak horisontal dan saling tegak lurus dan unit yang lain dipasang secara vertikal.



Gambar 2.3
Alat Pengukur Getaran Peledakan Blastmate III

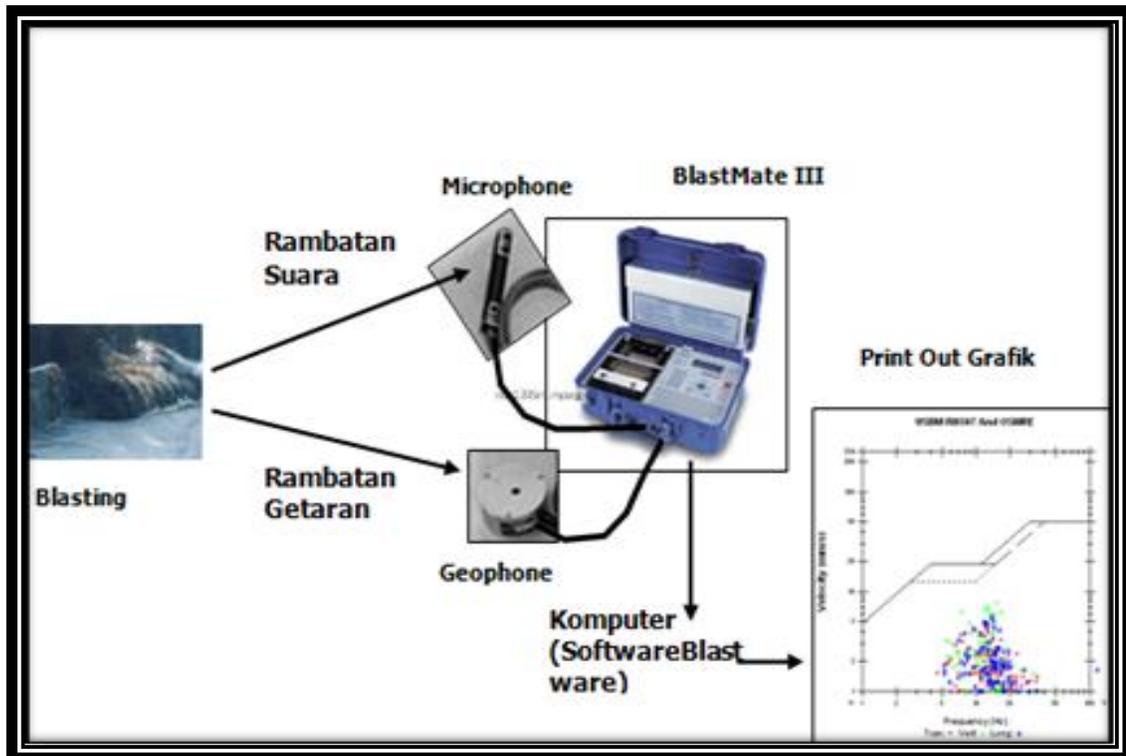
Ketiga *sensor* tersebut mencatat 3 arah komponen getaran peledakan yaitu longitudinal, vertikal, dan transversal. Gerakan longitudinal adalah gerakan partikel ke/dari depan dan belakang. Gerakan vertikal adalah gerakan partikel ke/dari atas dan bawah. Gerakan transversal adalah gerakan partikel tanah atau batuan dari satu sisi ke sisi yang lain. mekanisme pengukuran getaran adalah :

1. Getaran dan kebisingan peledakan (getaran mekanis) direkam oleh *geophone* dan *microphone*, diubah menjadi getaran listrik lalu disimpan di memori
2. Hasil pengukuran (dalam memori) di *download* ke komputer dengan menggunakan perangkat lunak berupa *Blastware*
3. Hasil akhir berupa *seismogram* yang dapat menampilkan angka-angka besar getaran dan kebisingan serta grafik
4. Untuk mengetahui besar getaran apakah masih di dalam atau melebihi ambang batas, dapat memilih grafik baku tingkat getaran dari 13 negara yang ada di dalam perangkat lunak.



Gambar 2.4

Variasi Pergerakan Partikel Karena Bentuk Gelombang Getaran (Dowding 1985) A). Tekan – Longitudinal, B). Geser – Transversal, C). Reyleigh – Mewakili Vertikal.

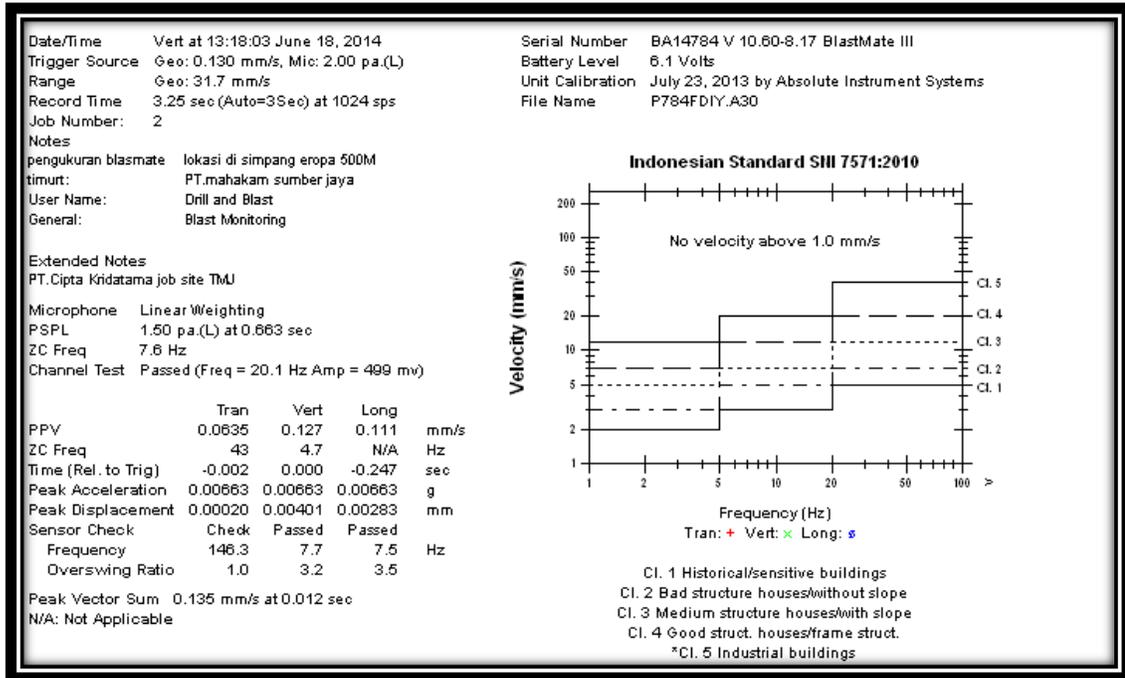


Gambar 2.5
Mekanisme Pengukuran Getaran dan Kebisingan.

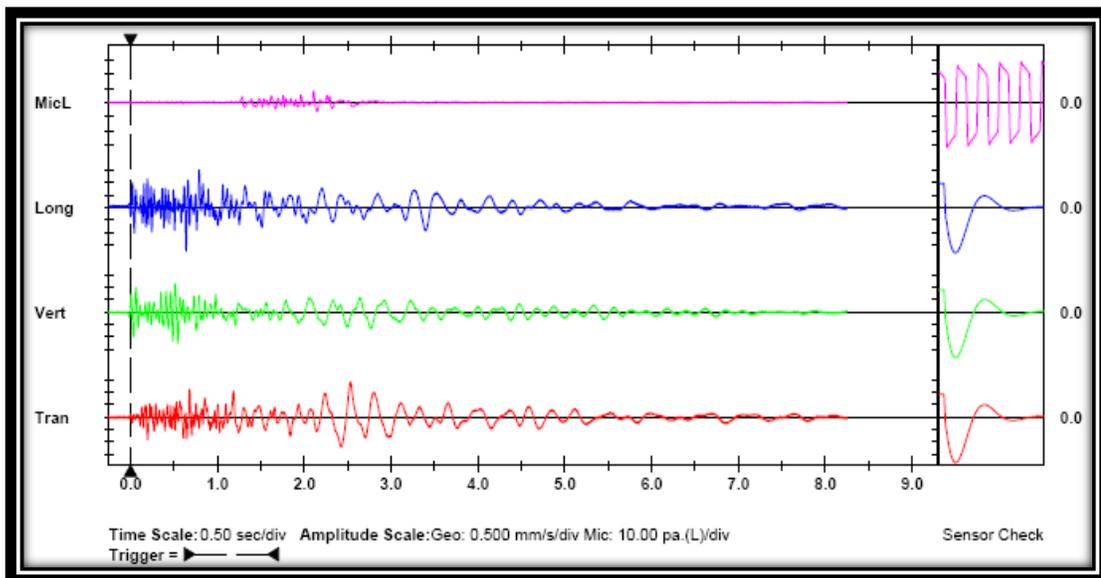
III. Pembahasan

3.1 Pengukuran *Ground Vibration*.

Dari kegiatan pengukuran getaran peledakan yang dilakukan dengan menggunakan *Blastmate III* diperoleh beberapa data yang terekam yang disajikan dalam bentuk grafik dan beberapa tampilan angka. Data tersebut diperoleh setelah sebelumnya dilakukan transfer data dari alat ukur ke komputer.



Gambar 3.1
Tampilan Data dan Grafik Hasil Pengukuran Getaran



Gambar 3.2
Tampilan Gelombang Hasil Pengukuran Getaran

Pada penelitian dari tanggal 3 Juni sampai dengan 22 Juli 2014 diperoleh data getaran setiap peledakan. Hampir setiap kegiatan peledakan di *Pit C0* dilakukan pada siang hari sekitar atau pada jam istirahat (12.00-13.00). Alasan dilakukan peledakan pada siang hari (cerah) juga untuk mengurangi *air blast*. Selain data *ground vibration (PPV)*,

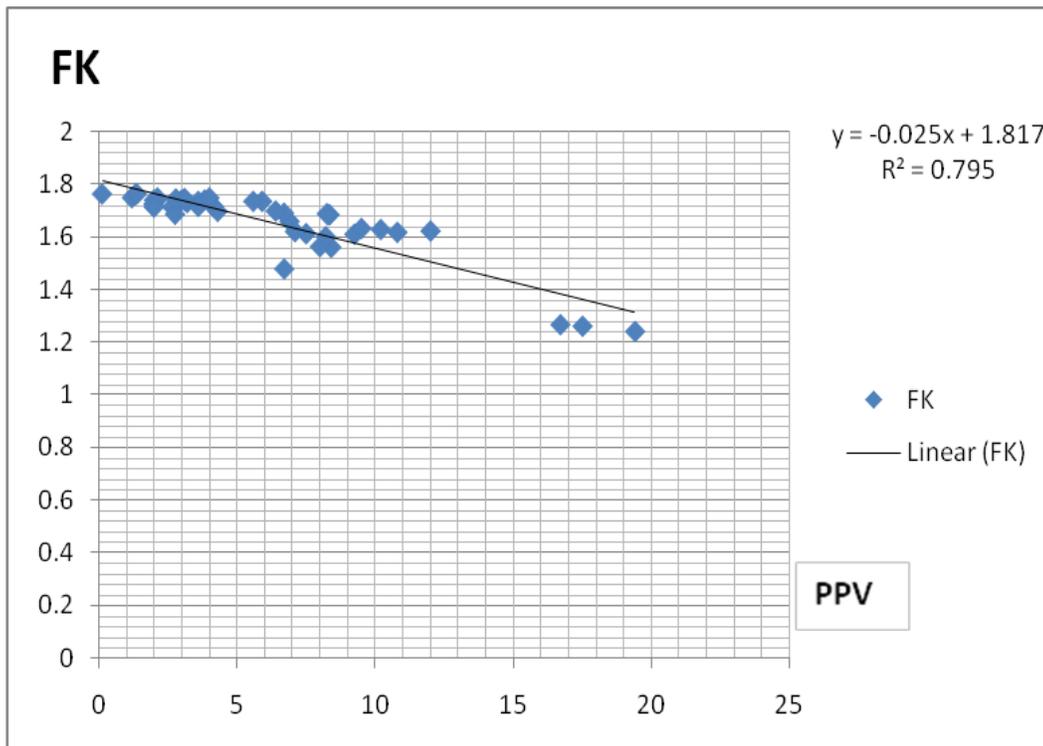
3.2 Pengaruh PPV Terhadap Keamanan Lereng.

Data percepatan yang diperoleh dari hasil pengukuran getaran dapat digunakan sebagai parameter masukan dalam menganalisa kestabilan lereng dengan menggunakan aplikasi *Slide Versi 6*. Dengan data percepatan (*a*) yang berperan terhadap kestabilan lereng adalah percepatan gelombang Longitudinal. Menurut *California Departemen Of Mine And Geology (CDMG, 1997)* nilai percepatan yang digunakan untuk dimasukkan kedalam aplikasi pemodelan geoteknik yang ada. Baik itu *slide* maupun *slope-w* besarnya adalah $a = 50\%$ PPA Longitudinal.

Tabel 3.1 Pengaruh PPA Terhadap Faktor Keamanan

No	Date	PPV	PPA long	a	FK	No	Date	PPV	PPA long	a	FK
1	3-Jun-14	8.41	0.053	0.0265	1.561	25	30-Jun-14	4	0.014	0.007	1.749
2	4-Jun-14	2.66	0.033	0.0165	1.714	26	1-Jul-14	7.5	0.092	0.046	1.613
3	5-Jun-14	2.1	0.018	0.009	1.741	27	2-Jul-14	7.1	0.087	0.0435	1.621
4	6-Jun-14	8.25	0.047	0.0235	1.689	28	3-Jul-14	8.21	0.099	0.0495	1.602
5	7-Jun-14	8.35	0.049	0.0245	1.685	29		9.25	0.093	0.0465	1.611
6	10-Jun-14	5.91	0.021	0.0105	1.736	30	4-Jul-14	3.2	0.023	0.0115	1.732
7	11-Jun-14	6.9	0.064	0.032	1.66	31	5-Jul-14	4.3	0.042	0.021	1.698
8	12-Jun-14	8.3	0.049	0.0245	1.685	32	13-Jul-14	3.6	0.021	0.0105	1.736
9	13-Jun-14	3.83	0.018	0.009	1.741	33		3.6	0.031	0.0155	1.717
10	14-Jun-14	3.1	0.015	0.0075	1.747	34	14-Jul-14	3.1	0.019	0.0095	1.739
11	16-Jun-14	5.59	0.021	0.0105	1.736	35	15-Jul-14	2	0.033	0.0165	1.714
12	17-Jun-14	8	0.123	0.0615	1.564	36	16-Jul-14	6.7	0.046	0.023	1.691
13	18-Jun-14	0.12	0.006	0.003	1.764	37		6.4	0.041	0.0205	1.699
14	19-Jun-14	2.76	0.048	0.024	1.687	38	17-Jul-14	10.2	0.082	0.041	1.629

15	20-Jun-14	2	0.018	0.009	1.741	39		9.5	0.080	0.040	1.633
16	21-Jun-14	2.98	0.019	0.0095	1.739	40	18-Jul-14	16.7	0.356	0.178	1.267
17	22-Jun-14	2.12	0.014	0.007	1.749	41		17.5	0.381	0.1905	1.261
18	23-Jun-14	6.71	0.182	0.091	1.479	42	19-Jul-14	19.4	0.48	0.24	1.241
19	24-Jun-14	1.98	0.026	0.013	1.726	43	20-Jul-14	12	0.106	0.053	1.623
20	25-Jun-14	1.32	0.007	0.0035	1.762	44	22-Jul-14	10.8	0.089	0.0445	1.618
21	26-Jun-14	1.2	0.013	0.0065	1.75						
22	27-Jun-14	4.16	0.032	0.016	1.716						
23	28-Jun-14	1.38	0.006	0.003	1.764						
24	29-Jun-14	2.79	0.016	0.008	1.745						



Gambar 3.3 Hubungan FK dengan PPV

Dari hasil tabel dan grafik *log* PPA terhadap Faktor keamanan diatas memperlihatkan pengaruh nilai percepatan terhadap perubahan nilai Faktor Keamanan di daerah penelitian. Pada Tabel Tersebut terlihat nilai Faktor keamanan akan berkurang dengan adanya nilai percepatan yang dimasukkan. Semakin besar nilai percepatan yang dimasukkan semakin besar pula nilai penurunan Faktor keamanan. Hal ini terlihat hubungan yang cukup kuat nilai koefisien lebih dari 0,079 mengindikasikan adanya pengaruh PPV terhadap naik turunnya nilai Faktor keamanan.

Faktor Keamanan lereng yang dijadikan acuan dari perusahaan adalah 1,3 jadi Faktor Keamanan minimum tidak boleh kurang dari nilai tersebut. Untuk mengetahui nilai maksimum yang diperbolehkan oleh factor keamanan minimum maka dimasukkan persamaan hubungan antara Faktor Keamanan dengan PPV.

Tabel 3.2. Penentuan PPV Maksimum Daerah penelitian

No	Lokasi	Persamaan	FK	PPV
		Regresi	Minimum	Maksimum
1	Pit C0	$-0.025x + 1.817$	1.47	13.52

Hasil perhitungan untuk lokasi Pit C0 diperoleh PPV maksimum adalah 13.52 mm/s yang aman terhadap Faktor Keamanan minimumnya 1,47.

IV. Kesimpulan.

1. Dari hasil pengolahan data tabel grafik *log Peak Particle acceleration* (PPA) terhadap Faktor keamanan lereng penambangan diatas memperlihatkan pengaruh nilai percepatan terhadap perubahan nilai Faktor Keamanan di daerah penelitian.
2. Faktor Keamanan lereng yang dijadikan acuan dari perusahaan adalah 1,3 jadi Faktor Keamanan minimum tidak boleh kurang dari nilai tersebut. Hasil perhitungan untuk lokasi Pit C0 diperoleh PPV maksimum adalah 13.52 mm/s yang aman terhadap Faktor Keamanan minimumnya 1,47.

DAFTAR PUSTAKA.

- Koesnaryo S., 2001. *Rancangan Peledakan Batuan*, Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral UPN “Veteran” Yogyakarta.
- Marmer, Dwihandoyo., 2008. *Dampak Peledakan*, Diklat Kursus Juru Ledak Kelas I, Bandung.
- Tim Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara., 2004. *Modul Pendidikan dan Pelatihan Juru Ledak Penambangan Bahan Galian*, Pusdiklat Teknologi Mineral dan Batubara, Bandung.
-, 2003. *Blastmate III Operator Manual*, InstanTel Inc, Canada, Printed in Canada.
-,2011. *Pengukuran Vibrasi Peledakan PT. Cipta Kridatama*, Tenggara.